

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

## PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



|                  |
|------------------|
| RECD 01 JUL 2003 |
| WIPO PCT         |

### Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 17 435.0

Anmeldetag: 18. April 2002

Anmelder/Inhaber: Continental Teves AG & Co oHG,  
Frankfurt am Main/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Erfassung von Orts-  
verschiebungen und Drehbewegungen

IPC: G 01 P, G 01 D, G 01 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. April 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident

Im Auftrag

Hiebinger

Continental Teves AG & Co. oHG

18.04.2002

P 10410

GP/BR/ad

P. Lohberg

**Verfahren und Vorrichtung zur Erfassung von Ortsverschiebungen und Drehbewegungen**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung gemäß den Patentansprüchen. Ziel der Erfindung ist die Verdopplung der Ortsfrequenz von inkrementalen Maßstäben, die mittels Sensoren über eine Feldkopplung gelesen werden. Sie dient insbesondere der Erfassung von Linearweg- und/oder Winkelverschiebungen bzw. der Erfassung zugehöriger Bewegungsgeschwindigkeiten oder Drehzahlen in der Kfz-Industrie.

Systeme zur Raddrehzahlerfassung im Kfz entsprechend Fig. 1 sind im Prinzip bekannt. Sie bestehen aus einem Encoder und einem Sensor, der diesen Encoder über einen Luftspalt magnetisch abtastet. Der Encoder ist ein Maschinenelement, das mit dem drehenden Ring des Radlagers mechanisch verbunden ist und einen inkrementalen Winkelmaßstab trägt. Der Winkelmaßstab wird als ganzzahlige Folge magnetisch abwechselnd unterschiedlich wirksamer Areale ausgeführt, die eine kreisförmige Encoderspur bilden. Es ist üblich Zahnräder, ferromagnetische Lochscheiben oder permanentmagnetisierte Strukturen zu verwenden, z.B. magnetisierte Radlagerdichtungen. Der Sensor reagiert auf die periodischen Wechsel Zahn/Lücke bzw. Loch/Steg oder Nord-/Südpol mit einem periodischen elektrischen Signal, das die inkrementale Winkelteilung als zeitlichen Spannungs- oder Stromverlauf abbildet. Als sensisch wirksame Bauteile werden Induktionsspulen, magnetoresistive Brücken und Hall-Elemente verwendet, die z.T. in Kombination mit zusätzlichen elektronischen Schaltungen be-

- 2 -

trieben werden. Es ist üblich, Sensoren als 'aktive Sensoren' zu bezeichnen, wenn sie zum Betrieb eine Stromversorgung benötigen und als "passive" Sensoren wenn sie, wie Induktionsspulen, zum Betrieb keine zusätzliche Stromversorgung benötigen.

In der EP-A 0 922 230 (P 8775) wird eine Anordnung zur Erfassung des Drehverhaltens eines rotierenden Encoders beschrieben, mit einem Sensormodul der folgende Funktionsgruppen enthält: Ein Sensorelement auf Basis des magnetoresistiven Effektes, eine steuerbare Stromquelle, die einen das Drehverhalten darstellenden eingeprägten Strom liefert, einen Modulator, der in Abhängigkeit von Signalen des Sensorelementes die Stromquelle steuert. Das Sensormodul ist magnetisch mit dem Encoder gekoppelt. Das Ausgangssignal ist ein das Drehverhalten darstellendes Signal mit überlagerten Status und/oder Zusatzsignalen. Die Statussignale enthalten u.a. die Drehrichtungsinformation.

In der WO 99 49322 (P 9352) wird eine Schnittstelle beschrieben, bei der die Drehrichtungsinformation und deren Gültigkeit als 2-bit-Information innerhalb eines 8-bit-Wortes enthalten ist, das nach jedem Drehzahlimpuls gesendet wird. Von der Firma Infineon, München wird unter der Bezeichnung TLE 4942 ein aktives Sensorelement auf Basis des Hall-Effektes angeboten, das neben der Drehzahl auch die Information über die Drehrichtung in kodierter Form überträgt. Hierbei wechselt das Signal zwischen 2 Strompegeln. Der zeitliche Abstand der aufsteigenden Flanken signalisiert die Raddrehzahl, während die Drehrichtung über unterschiedliche Pulsdauern kodiert ist.

- 3 -

Es ist bereits vorgeschlagen worden, zur Erreichung höherer Luftspalte die inkrementale Winkelauflösung des Encoders zu halbieren und diese danach durch Verdopplungsmechanismen unter Verwendung zueinander ortsverschobener Sensoren wieder zu kompensieren. So wird in der DE 199 06 937 (VDO) die Verwendung von zwei GMR-Sensoren angeregt, deren örtliche Anordnung zueinander etwa 90° Phasenverschiebung bewirken. Die Signale der beiden Sensoren werden verstärkt, über Schwellenschalter geführt und exklusiv-oder verknüpft. Mit Hilfe von Flip-Flop-Schaltungen soll zudem die Drehrichtung ermittelt werden. Es wird weiterhin vorgeschlagen, die Sensoren auf einem gemeinsamen Substrat anzurichten, um den Abstand zwischen beiden Sensoren möglichst präzise einzuhalten zu können.

Die Anwendung dieses Standes der Technik hat in der Praxis mehrere hinderliche Einschränkungen. So ist es für den Anwendungsfall der Raddrehzahlerfassung im Automobil erforderlich, gleiche Sensoren mit Encodern unterschiedlicher Module kombinieren zu können (Modul = Lesedurchmesser / Encoderperiodeanzahl). Erfahrungsgemäß bewegt sich der Modulbereich zwischen 1,2 mm bis 2,5 mm, d.h. es muß ein Verhältnis von 2,5 / 1,2 = ca. 2 abgedeckt werden. Um stets etwa 90° Phasenverschiebung einzuhalten müßten unter Maßgabe des Standes der Technik eine größere Anzahl unterschiedlicher, an verschiedene Module angepaßte Sensoren bereitgehalten werden. Diese Notwendigkeit steht dem Bestreben nach wirtschaftlicher Fertigung und Qualität großer Stückzahlen eines gleichen Produktes entgegen. Wird auf die Modulanpassung verzichtet entsteht ein anderer Nachteil dadurch, dass mit zunehmende Phasenabweichungen vom Sollwert 90° jeder der exklusiv-oder-verknüpften sensorischen Kanäle ein individuell

- 4 -

schwankendes Tastverhältnis zum Gesamtsignal beisteuert, was den Jitter für den Betrieb moderner Bremsregler unzulässig erhöht. Um ein solches Signal zu nutzen, ist in der ECU ein deutlich erhöhter Aufwand erforderlich als bei herkömmlichen Sensoren, bei denen die Signalfrequenz der Encoderfrequenz folgt. Herkömmlicherweise wird von steigender zu steigender Flanke und von fallender zu fallender Flanke ausgewertet, um die Raddrehzahl zu bestimmen. Man vermeidet dadurch Jitterfehler, die durch ein unsymmetrisches Tastverhältnis entstehen. Werden zwei Teilsignale nach dem Vorschlag DE 199 06 937 gemischt, dann verdoppelt sich das Problem, denn die ECU muß nun zusätzlich zwischen zwei Flankengruppen unterscheiden, nämlich steigenden und fallenden des einen Teilkanales und steigenden und fallenden des anderen Kanals. Dies bedeutet jedoch gleichzeitig, dass eine so zur Auswertung gelangte Signalfrequenz in Wirklichkeit nicht verdoppelt wurde, sondern lediglich die einfache Encoderfrequenz nutzlos zweimal parallel ermittelt wurde. Der aufgeführte Stand der Technik (DE 199 06 937) setzt also zu seiner praktischen Nutzung eine exakte Phasenverschiebung von  $90^\circ$ , also eine absolute Modulanpassung voraus. Dies ist nachteilig.

Die vorliegende Erfindung hat das Ziel, mit dem Sensor pro Encoderwinkelperiode, z.B. Nord/Südpol-Paar, Zahn/Lücke ein Signal mit doppelter zeitlicher Periodenzahl zu erzeugen. Hierzu sollen zwei oder mehr zeitgleich wirksame, örtlich gegeneinander versetzte magnetoelektrische Wandler verwendet werden, deren Ortsversatz (Ortsphase) sich bei Bewegung des Encoders als Signalphasenwinkel abbildet. Die Erzeugung einer solchen Phasenverschiebung wird zur Realisierung der vorliegenden Erfindung benötigt.

- 5 -

Die Aufgabe wird gelöst durch das in den Ansprüchen angegebene Verfahren und die angegebene Vorrichtung.

Die Lösung gemäß der Erfindung vermeidet bei vergleichbarem Realisierungsaufwand die genannten Nachteile bekannter Vorrichtungen.

Vorzugsweise weist der Encoder eine Folge einander abwechselnder permanentmagnetischer Nord/Südpol-Areale auf, welche insbesondere gleiche Abmessungen haben und eine zu einem Kreis geschlossene Encoderspur bilden. Die Zähne und Lücken haben üblicherweise gleiche Abmessungen bilden und eine zu Kreis geschlossene Encoderspur bilden.

Der Encoder kann auch eine Folge einander abwechselnder ferromagnetischer Zonen und magnetisch nichtleitender Zonen umfassen.

Der Encoder besteht bevorzugt aus einer Folge von Zähnen und Lücken aus einem ferromagnetischen Material.

Als Encoder kann jedoch ebenfalls ein Lineal vorgesehen sein, bei dem die besagten Areale aneinander gereiht sind. Es ist auch möglich, daß die Zähne und Lücken so aneinander gereiht sind, dass sie eine Zahnstange bilden.

Die permanentmagnetischen Areale besitzen vorzugsweise gleiche Abmessungen, eine zu einem Kreis geschlossene Encoderspur und sind für SWT in die Seitenwand eines Luftreifens eingebracht. Die Anzahl der zu einem Kreis geschlossenen Nord/Südpol-Paare auf der Seitenwand des Reifens beträgt zweckmäßig genau 24.

- 6 -

Als bevorzugte Verwendung wird das Gebiet bekannter elektro-nisch geregelter Bremsensysteme (ABS, ASR, ESP usw.) oder Steuersysteme zur Fahrwerkregelung (Chassissysteme), z.B. mit Winkelpositionsgebern, motorischen Verstelleinrichtun-gen, elektrischen Anlenkvorrichtungen etc.. Besonders vor-teilhaft ist die Verwendung der Erfindung bei der Erfassung von Raddrehzahlen in Kraftfahrzeugen, insbesondere für sol-che, die integriert mit Radlagern verbunden sind.

Eine weitere bevorzugte Verwendung stellt das Gebiet der "Side-Wall-Torsion"-Sensorik' (SWT) dar.

Nachfolgend wird die Erfindung an Hand von Figuren näher er-läutert. Weitere bevorzugte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Figurenbe-schreibung.

Es zeigen

Fig. 1 die Struktur der erfindungsgemäßen Anordnung,

Fig. 2 eine Darstellung des Verfahrens am Schema eines Sensormoduls,

Fig. 3 eine mögliche Kombination mit einem SWT-Reifen,

Fig. 4 die signaltechnische Verfahrensbasis,

Fig. 5 eine elektronische Schaltung zur Realisierung des Verfahrens,

Fig. 6 Beispiele von Wandlern mit Ortsphase,

- 7 -

Fig. 7 eine Verfahrensvariante mit digitaler Offsetkompensation,

Fig. 8 eine Verfahrensvariante mit Drehrichtungserkennung,

Fig. 9 verschiedene Protokollvarianten des Signalstromes, und

Fig. 10 verschiedene Ausführungsformen für Sensormodule.

Die Anordnung in Fig. 1 besteht aus einem Sensormodul 10, der über eine Zweidrahtschnittstelle 12 mit einem Steuergeät 5 und gleichzeitig über eine magnetische Schnittstelle 2 mit einem magnetisierten Encoder 11 zusammenwirkt. Das Steuiergeät versorgt den Sensormodul mit elektrischer Energie über eine Spannung VB und empfängt den Signalstrom Js. Im Sensormodul befindet sich ein magnetoelektrischer Wandler, der aus zwei Komponenten W1 und W2 zusammengesetzt ist, die um den Abstand  $\Phi$  gegeneinander versetzt sind, und die so wirken, dass beim rotierenden Encoder, ähnlich wie in zuvor beschriebener Weise zwei Signale  $S1 = A \cdot \sin(\omega t)$  und  $S2 = -A \cdot \sin(\omega t + \varphi)$  erzeugt werden. Die Signale S1 und S2 werden in einer Signalaufbereitungstufe 14 separiert verstärkt ( $SC1 / SC2$ ) und danach einer Verrechnungsstufe 15 zugeführt. Die Verrechnungsstufe enthält zwei Kanäle. Im ersten Kanal wird die Teilsignalsumme  $SUM = S1 + S2$  und im zweiten Kanal die Teilsignaldifferenz  $DIF = S1 - S2$  gebildet. SUM und DIF werden anschließend in zwei gleichartigen Verstärkerstufen mit Schalthysterese 16, 17 separat verstärkt. Die Verstärkungsfaktoren sind gerade so hoch gewählt, dass ein Kompromiß zwischen maximal steilen Nulldurchgängen und einem Mini-

- 8 -

mum an Störung durch mitverstärkten Offset eingestellt ist. Die Teilsignale werden über eine Oder-Schaltung 18 zusammengeführt und einen Modulator 6a mit Signalstromquelle 6b nach einem definierten Signalstromprotokoll. Wie später an Fig.4 gezeigt wird, hat das aus SUM und DIF zusammengesetzte Signal die vorteilhafte Eigenschaft, dass weitgehend modulunabhängig stets ein Gesamt signal mit einem Tastverhältnis 1:1 erzeugt wird, das von der ECU in üblicher Weise von steigender zu steigender Flanke und von fallender zu fallender Flanke ausgewertet werden kann und damit zugleich die gewünschte Frequenzverdopplung erreicht wird.

In der Anordnung ist wahlweise ein Encoder 1a oder 1b oder 1c vorgesehen, der über eine magnetische Kopplung 2 mit einem aktiven Sensor 3 zusammenwirkt, der seinerseits über eine elektrische Stromschnittstelle 4 Raddrehzahlsignale an eine elektronische Kontrolleinrichtung 5 sendet. Als Encoder werden hier allgemein Maschinenelemente bezeichnet, die als inkrementale Maßstabsverkörperung ausgebildet sind. Zur Erläuterung der Erfindung werden vorrangig Winkelmaßstäbe verwendet, jedoch gelten alle Ausführungen gleichermaßen für lineare Wegmaßstäbe bzw. Lineale. Der Winkelmaßstab 1a besteht aus einer ganzzahligen Folge gleichartiger Areale einander abwechselnder magnetischer Nord- und Südpole, die eine zu einem Kreis geschlossenen Encoderspur bilden. Der Encoder 1b ist eine gefensterte ferromagnetische Scheibe und Encoder 1c ein Stahlzahnrad. Die drei angeführten Encoder stehen stellvertretend für die Vielzahl derartiger Encodervarianten. Zur Raddrehzahlerfassung ist der Encoder mit dem drehenden Ring des Radlagers mechanisch verbunden und der magnetische Feldstärkeverlauf der Encoderspur wird durch den ortsfesten aktiven Sensor magnetisch berührungslos (M) über

- 9 -

den Luftspalt 2 abgetastet. Als "aktiver" Sensor wird allgemein ein Meßfühler bezeichnet, der zu seinem Betrieb eine externe elektrische Energieversorgung benötigt. Der Encoder rotiert mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$ . Der magnetisch empfindliche Wandler 9 ist technisch dergestalt ausgebildet, daß aus seinen Wandlersignalen entweder nur die Winkelgeschwindigkeit (Raddrehzahl) oder auch zusätzlich die Drehrichtung des Rades (Vorzeichen der Winkelgeschwindigkeit) abgeleitet werden können. Beide Informationen werden einem Modulator 6a zugeführt, der daraus ein kodiertes Signal erzeugt, mit dem eine Stromquelle 6b angesteuert wird, die einen kodierten Signalstrom über die Verbindung 4 an die Eingangsstufe 7 der Kontrolleinrichtung 5 sendet. Der Eingangsstufe nachgeschaltet ist eine Demodulationsstufe 8, in der Winkelgeschwindigkeit und Drehrichtung als separate Informationen zurückgewonnen werden. Im erfindungsgemäßen Sonderfall werden sensorische Elemente verwendet, die magnetoelektrische Wandler enthalten die auf XMR-Effekten basieren aber insbesondere Sensoren, die auf dem AMR-Effekt beruhen. (siehe VDI-Technologiezentrum, Düsseldorf, Technologieanalyse Magnetismus, Band 2). Selbstverständlich können gemäß der Erfindung andere magnetoelektrische Wandler verwendet werden, wie insbesondere Hall-Elemente.

Fig.3 zeigt eine Anwendungsvariante von Fig. 2 für Fahrzeugreifen mit encoderartig magnetisierter Seitenwand, wie sie für sogenannte Side-Wall-Torsion-Sensorik z.B. gemäß der DE 196 20 582 (P 8700) eingesetzt werden. In die Seitenwand des Reifens 19 sind alternierend streifenförmige Nord/Südpol-Areale eingebracht, die sich zu einer ringförmigen Encoderspur schließen. Die Encoderspur wird durch zwei übereinander angeordnete magnetisch empfindliche Sensoren abgetastet. Zum

- 10 -

praktischen Betrieb ist zwischen Seitenwand und Sensor ein Luftspalt von ca. 40 mm einzustellen. Dies wird gegenwärtig mit einer Polpaarzahl von 24 erreicht. Es besteht jedoch der Bedarf, die Ortsauflösung zu verdoppeln. Durch Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann diesem Bedarf genügt werden.

Fig. 4a erläutert den signaltechnischen Hintergrund der Erfindung am Beispiel einer magnetoresistiven Brücke 21, unter der eine magnetisierte Encoderspur 22 vorbei bewegt wird. Die vier Brückenwiderstände 23,24,25,26 sind identisch bis auf die Wirkrichtung gegenüber dem Magnetvektor des Encoders. Die Wirkrichtungen sind durch (+) und (-) gekennzeichnet und bedeuten Zunahme oder Abnahme des Brückenwiderstandes unter gleicher Feldrichtung, so dass die Entstehung der Teilspannungen S1 und S2 ersichtlich wird. Zwischen den Brückenzweigen 23,24 und 25,26 besteht ein örtlicher Abstand  $\phi$ . Fig. 4b zeigt, dass bei positiver Ortsphase mit dem Nulldurchgang der Signalfunktion DIF ein Extremwert der Signalfunktion SUM korrespondiert, so dass die Signalverläufe zueinander orthogonal bleiben, also stets  $90^\circ$  Phasenverschiebung zueinander aufweisen. Das gleiche gilt für negative Ortsphase gemäß Fig. 4c. Der Zusammenhang ist von der Größe der Ortsphase im angestrebten Modulverhältnis 2:1 unabhängig und erfüllt damit das erfindungsgemäße Ziel. Es wird vorgeschlagen, bei dem kleinsten gewünschten Modul im Sensor ca.  $40^\circ$  Ortsphase zu realisieren.

Fig. 5 zeigt eine einfache analoge Schaltung zur Realisierung der Erfindung. Es werden in diesem Beispiel zwei magnetoresistive Vollbrücken 27, 28 verwendet, deren Signale über Instrumentationsverstärker 29, 30 gleichartig aufbereitet wer-

- 11 -

den und dann zugleich sowohl einem Summierverstärker 31 als auch einem Differenzverstärker 32 zugeleitet werden. Die Ausgangssignale SUM und DIF werden einem OR-Glied 33 zugeführt, so dass das gewünschte frequenzverdoppelte Signal an 34 abgegriffen werden kann.

Vorzugsweise werden die Signale der elektromagnetischen Teilwandler (W1, W2) über Instrumentationsverstärker 29, 30 aufbereitet und dann sowohl einem Summierverstärker 31 als auch einem Differenzverstärker 32 zugeleitet. Die Ausgangssignale dieser beiden Verstärker werden einem ODER-Glied 33 zugeführt, an dessen Ausgang (34) das gewünschte frequenzverdoppelte Signal abgegriffen werden kann.

Fig.6 zeigt Beispiele von Wandleranordnungen und deren wirksame gegenseitige Ortsverschiebung  $\varphi$ , die erfindungsgemäß genutzt werden können. Hierbei zeigt Fig.6a zwei separate Areale einer Hall-Anordnung. Fig.6 b zeigt drei separate Areale einer Hall-Anordnung, wobei den beiden äußeren Arealen das mittlere Areal gemeinsam zugeordnet ist. Fig.6c symbolisiert eine magnetoresistive Brücke, deren Ortsphase  $\varphi$  durch den Ortsabstand der beiden Brückenzweige entsteht. Fig.6d zeugt eine magnetoresistive Brückenstruktur mit drei Brückenzweigen, wobei den beiden äußeren Brückenzweigen der mittlere Brückenzweig zugeordnet ist. Fig.6e zeigt zwei separate Vollbrücken, deren Ortsphase  $\varphi$  durch den Ortsabstand der Brückenzweige entsteht.

Die elektromagnetischen Teilwandler W1, W2 und deren Ortsversatz  $\varphi$  sind bevorzugt gegeneinander durch zwei oder drei separate Areale einer Hall-Anordnung realisiert.

- 12 -

Es ist auch möglich und daher ebenfalls bevorzugt, daß die elektromagnetischen Teilwandler ( $W_1$ ,  $W_2$ ) und deren Ortsversatz  $\varphi$  gegeneinander durch den Abstand zweier oder dreier Brückenzweige einer magnetoresistiven Brücke 53 oder 54 realisiert sind.

Bei den sensorisch aktiven Teilwandlern handelt es sich vorzugsweise um solche Typen, welche mit magnetoresistiven Leiterstrukturen aufgebaut sind, auf die zusätzlich eine Barberpole-Struktur aufgebracht ist.

Es ist auch möglich und daher ebenfalls bevorzugt, daß die elektromagnetischen Teilwandler ( $W_1$ ,  $W_2$ ) und deren Ortsversatz  $\varphi$  gegeneinander durch den Mittenabstand zweier magnetoresistiver Brücken 55 realisiert sind.

Fig.7 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung mit digitaler Offsetkompensation der beiden Teilsignale aus  $W_1$  und  $W_2$ . Die digitale Offsetkompensation ermöglicht eine sehr hohe Verstärkung der Signale SUM und DIF und daher besonders hohe Güte der  $90^\circ$  Phasenverschiebung. Im Beispiel geschieht die Offsetkompensation über eine elektronische Funktionseinheit 35, die die Signale aus SC1 und SC2 wechselweise über einen Multiplexer (MUX) der digitalen Offsetkompensationsstufe (DOC) zuführt. Die Ausgangssignale SC1 und SC2 sind danach reine Wechselstromsignale.

Fig.8 zeigt eine Ausführungsform von Fig. 7 mit zusätzlicher Berechnung der Drehrichtung in einer Stufe 36. Aus Fig. 4b und Fig. 4c wird ersichtlich, dass zu den Signalzeitpunkten  $DIF=0$  das Signal SUM einen Extremwert annimmt, dessen Vor-

- 13 -

zeichen zum Vorzeichen von  $\omega$  (Drehrichtung) in festem Bezug steht. Dies kann zur Richtungserkennung ausgenutzt werden. Dieses Verfahren der Richtungserkennung ist aus "SAE 2000-01-0082", Stefan Pusch, an sich bekannt, jedoch nicht im Zusammenhang mit den erfindungsgemäßen Verwendungen.

Es ist bevorzugt, dieses an sich bekannte Verfahren der Richtungserkennung mit dem Verfahren und der Vorrichtung der vorliegenden Erfindung zu kombinieren.

Fig. 9 zeigt erfindungsgemäße Vorschläge zur Realisierung von Datenprotokollen für die beschriebenen Sensorvarianten. Fig. 9a zeigt den zeitlichen Verlauf einer Encoderspur, z.B. der eines Zahnrads. Fig. 9d zeigt ein vorteilhaftes Signalstromprotokoll, dessen zwei Amplituden  $J_L$  und  $J_M$  mit doppelter Frequenz dem Amplitudenwechsel der Encoderspur folgen. Fig. 9c zeigt ein Signalstromprotokoll mit den Strompegeln  $J_L$  und  $J_M$  und  $J_H$ . Die Impulsfolge  $J_H$  kennzeichnet die doppelte Encoderfrequenz. Danach folgt eine Pause und anschließend 9 Bit Zusatzinformation. Die Impulslänge  $t_p$  ist zugleich gültig für die Länge der Pause und die Länge jedes Bit Zusatzinformation. Sie sollte zu 50  $\mu s$  gewählt werden. In der Zusatzinformation ist u.a. die Drehrichtungsinformation kodiert. Fig. 9b zeigt den erfindungsgemäßen Vorschlag eines einfachen Protokolls mit den Strompegeln  $J_L$  und  $J_M$  und  $J_H$  zur Kodierung von Drehzahl und Drehrichtung. Während der Pulsabstand die Drehzahl abbildet, ist die Drehrichtung in den Signalhöhen  $J_M$  und  $J_H$  kodiert. Die Impulslänge  $t_p$  sollte wiederum ca. 50  $\mu s$  betragen. Es wird empfohlen die Stromstärken  $J_L = 7 \text{ mA}$ ,  $J_M = 14 \text{ mA}$ ,  $J_H = 28 \text{ mA}$  zu wählen.

Der Modulator 6a erzeugt daher bevorzugt in Kombination mit der Signalstromquelle 6b ein Signalstromprotokoll 56, das

- 14 -

zwei unterschiedliche Amplituden  $J_L$ ,  $J_M$  aufweist, die mit doppelter Frequenz einem Encoderspurwechsel 59 folgen. Alternativ ist es bevorzugt, daß der Modulator 6a in Kombination mit der Signalstromquelle 6b ein Signalstromprotokoll 57 erzeugt, das drei unterschiedliche Amplituden  $J_L$ ,  $J_M$ ,  $J_H$  aufweist, die mit vierfacher Frequenz einem Encoderspurwechsel 59 folgen, wobei in das Signalmuster neben der Raddrehzahlinformation auch weitere Zusatzinformationen, u.a. die Drehrichtung einkodiert sind.

Der Modulator 6a erzeugt in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform in Kombination mit der Signalstromquelle 6b ein Signalstromprotokoll 58 erzeugt, das drei unterschiedliche Amplituden  $J_L$ ,  $J_M$ ,  $J_H$  aufweist, die mit vierfacher Frequenz einem Encoderspurwechsel 59 folgen, wobei durch die Amplituden  $J_M$  und  $J_H$  zwischen zwei Drehrichtungen unterscheiden wird.

Die drei Signalstromamplituden  $J_L$ ,  $J_M$ ,  $J_H$  werden bevorzugt zu jeweils etwa 7 mA, 14 mA und 28mA gewählt. Die Pulsdauer  $t_p$  der Raddrehzahlinformation 57, 58 beträgt zweckmäßigerweise etwa 50 $\mu$ s.

Fig. 10 zeigt Ausführungsformen von Gehäusen und Vorspannmagneten, wie sie in Kombination mit der Erfindung angewendet werden sollen. Fig. 10a,b,c zeigen Ausführungsformen mit unterschiedlichen Magneten 37, 38, 39. Die magnetoelektrischen Wandler W1 und W2 sind in dem Gehäuseteil 40 untergebracht, die gesamte elektronische Schaltung zur Verarbeitung der Wandlersignale ist in dem Gehäuseteil 41 mit dem Zweidrahtausgang 42 untergebracht. Zwischen den Funktionseinheiten in 40 und 41 besteht eine vierpolige Verbindung 43. Fig. 10d

- 15 -

zeigt eine Ausführungsform, bei der sowohl Wandler als auch elektronische Schaltkreise in einem gemeinsamen Gehäuse 44 untergebracht sind. Erfindungsgemäß wird hierbei SOI-Technologie verwendet.

Die Vorrichtung besteht bevorzugt aus einem zweiteiligen Gehäuse, wovon ein erstes Gehäuseteil 40 sensorisch aktive Teilwandler W1, W2 aufnimmt und ein zweites Gehäuseteil 41 alle erforderlichen elektronischen Schaltkreise zur Signalverarbeitung bis zum Zweidrahtausgang 42 beinhaltet. Der erste und zweite Gehäuseteil wird insbesondere durch eine Mehrleiterverbindung (43) galvanisch miteinander verbunden.

Das erste Gehäuseteil kann bevorzugt mit Permanentmagneten 37, 38, 39 unterschiedlicher Größe und Magnetisierungsrichtung versehen sein.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Vorrichtung in einem einteiligen Gehäuse 44 integriert welches sowohl die sensorisch aktiven Teilwandler W1, W2 als auch die erforderlichen elektronischen Schaltkreise zur Signalverarbeitung bis zum Zweidrahtausgang 42 aufnimmt.

Die Gehäuseformen in den Teilbildern a) bis c) werden auf dem Gebiet der Raddrehzahlsensorik üblicherweise eingesetzt. Entsprechendes gilt auch für die Realisierung der Stromschnittstellen gemäß Fig. 9c und Fig. 9d. Siehe hierzu (PHILIPS DATA HANDBOOK SC17, Seite 234 ff. und Seite 170 ff).

- 16 -

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Erfassung von Ortsverschiebungen und Drehbewegungen, dadurch **gekennzeichnet**, daß aus zwei getrennt erzeugten Signalen von zwei zueinander beabstandeten Wandlerelementen (W1, W2) ein Summensignal und ein Differenzsignal aus den zwei Signalen gebildet wird und anschließend das Summensignal und das Differenzsignal miteinander ODER-verknüpft werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Summensignal und das Differenzsignal vor der ODER-Verknüpfung jeweils so hoch verstärkt werden, daß im wesentlichen rechteckförmige Signal entstehen.
3. Vorrichtung zur Ortsfrequenzverdopplung von bewegten inkrementalen Maßstäben, dadurch **gekennzeichnet**, daß diese mindestens zwei sensorisch aktive Funktionsgruppen umfaßt, welche um eine Ortsphase  $\varphi$  örtlich zueinander versetzte sensorisch aktive Teilgruppen zeitgleich zur Abtastung des bewegten Maßstabes nutzen, wobei die Funktionsgruppen Mittel umfassen, mit denen mindestens zwei unabhängige Teilsignale  $S_1 = V \cdot \sin(\omega t)$  und  $S_2 = -V \cdot \sin(\omega t + \varphi)$  erzeugt werden.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch **gekennzeichnet**, daß, die Signale in zwei oder mehreren separaten Signalkanälen verarbeitet werden, welche eine gleichartige Verstärkung und Filterung durchführen.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch **gekennzeichnet**,

- 17 -

net, daß, die Signale zwei separaten Verrechnungseinheiten zugeführt werden, welche mit jeweils zugehörigen nachgeschalteten Signalverstärkern mit gleich großer Verstärkung und einer ebenso gleichen Schalthysterese zugeführt werden.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch **gekennzeichnet**, daß durch die erste Verrechnungseinheit kontinuierlich eine Signalsumme ( $S_1 + S_2$ ) erzeugt wird, hingegen durch die zweite Verrechnungseinheit kontinuierlich eine Signaldifferenz ( $S_1 - S_2$ ) erzeugt wird.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Signalsumme und die Signaldifferenz mit einem ODER-Glied zu einem Signal vereint werden, so daß dieses die doppelte Frequenz eines der Teilsignale sowie ein symmetrisches Tastverhältnis zwischen steigenden und fallenden Signalflanken aufweist.
8. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch **gekennzeichnet**, daß das in seiner Frequenz gegenüber den Teilsignalen verdoppelte, aus Signalsumme und Signaldifferenz erzeugte gemeinsame Signal einem Modulator zugeführt wird, der kontinuierlich eine Stromquelle steuert, wobei in das Modulationsmuster des gesteuerten Stromes die Frequenzinformation des gemeinsamen Signals kodiert ist, die in der elektronischen Steuereinheit, mit welcher der Sensormodul elektrisch verbunden ist, dekodiert und als Ortsfrequenzverdopplung des bewegten inkrementalen Maßstabes interpretiert wird.
9. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 3 bis 8,

- 18 -

dadurch **gekennzeichnet**, daß diese über eine Zweidraht-schnittstelle (12) mit einem elektronischen Steuergerät (5) verbunden ist.

10. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 3 bis 9, dadurch **gekennzeichnet**, daß dieser magnetoelektrische Wandler umfaßt, welche aus zwei zueinander beabstandete Komponenten (W1, W2) zusammensetzt sind, die magnetisch mit einem rotierenden Encoder zur Erzeugung von zwei unabhängige Teilsignale  $S1 = V \cdot \sin(\omega t)$  und  $S2 = -V \cdot \sin(\omega t + \varphi)$  zusammenwirken.
11. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch **gekennzeichnet**, daß Signale der Teilwandler (W1, W2) über eine elektronische Funktionseinheit (35) durch einen Multiplexer wechselweise einer digitalen Offsetkompensation unterzogen werden, so dass als Ausgangssignale (SC1, SC2) reine Wechselstromsignale verbleiben.
12. Vorrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch **gekennzeichnet**, daß eine elektronische Funktionseinheit (36) vorgesehen ist, die aus den Signalen  $\text{SUM} = S1 + S2$  und  $\text{DIF} = S1 - S2$  zusätzlich ein Kennungs-signal für die Drehrichtung berechnet und dieses dem Mo-dulator (6a) zuführt.

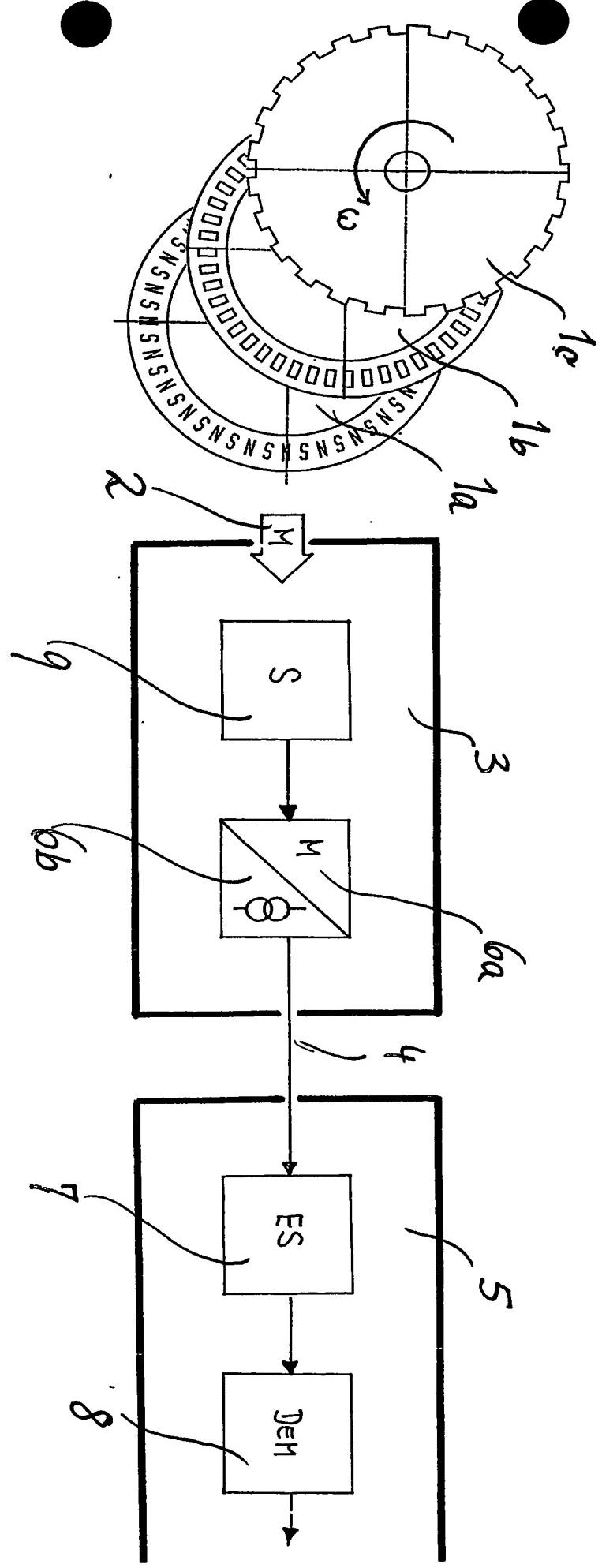


Fig. 1

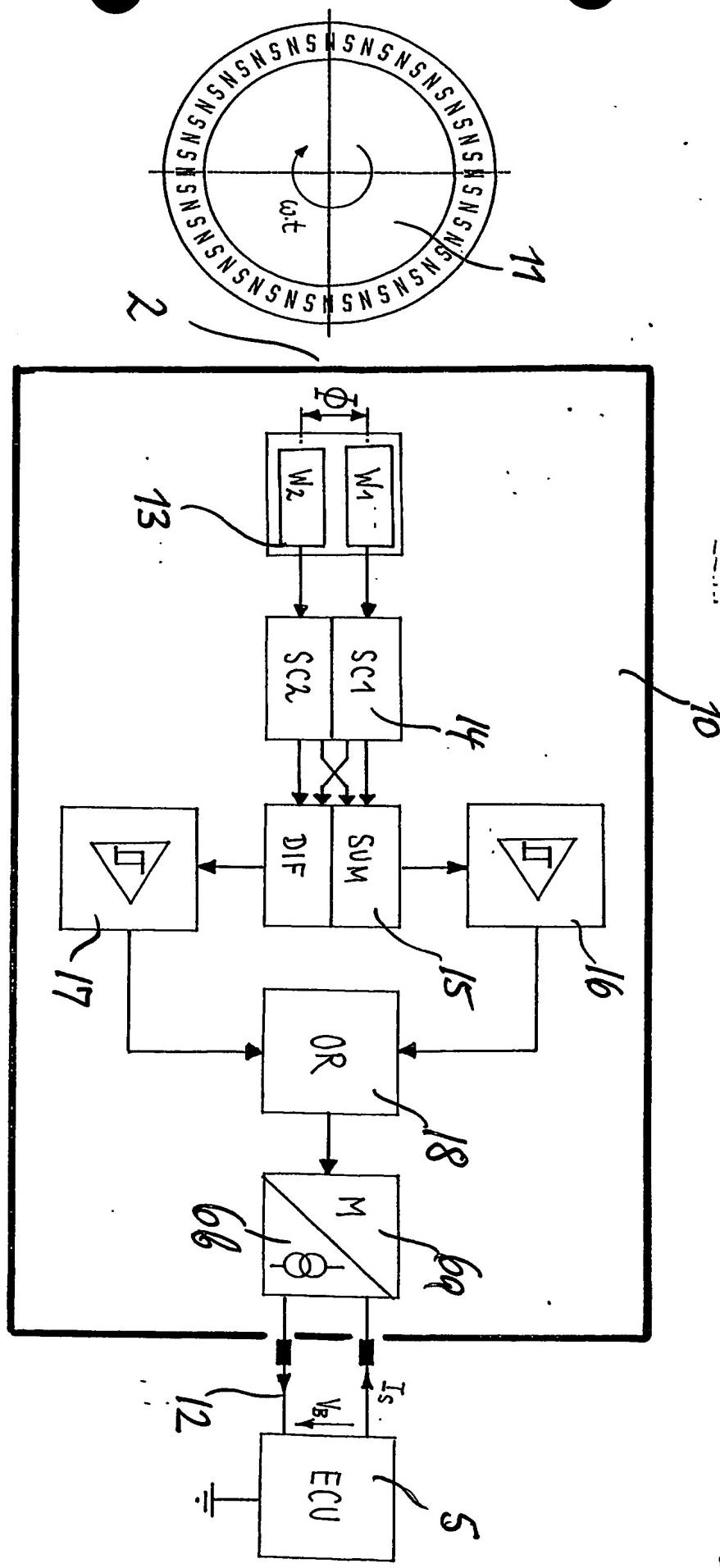
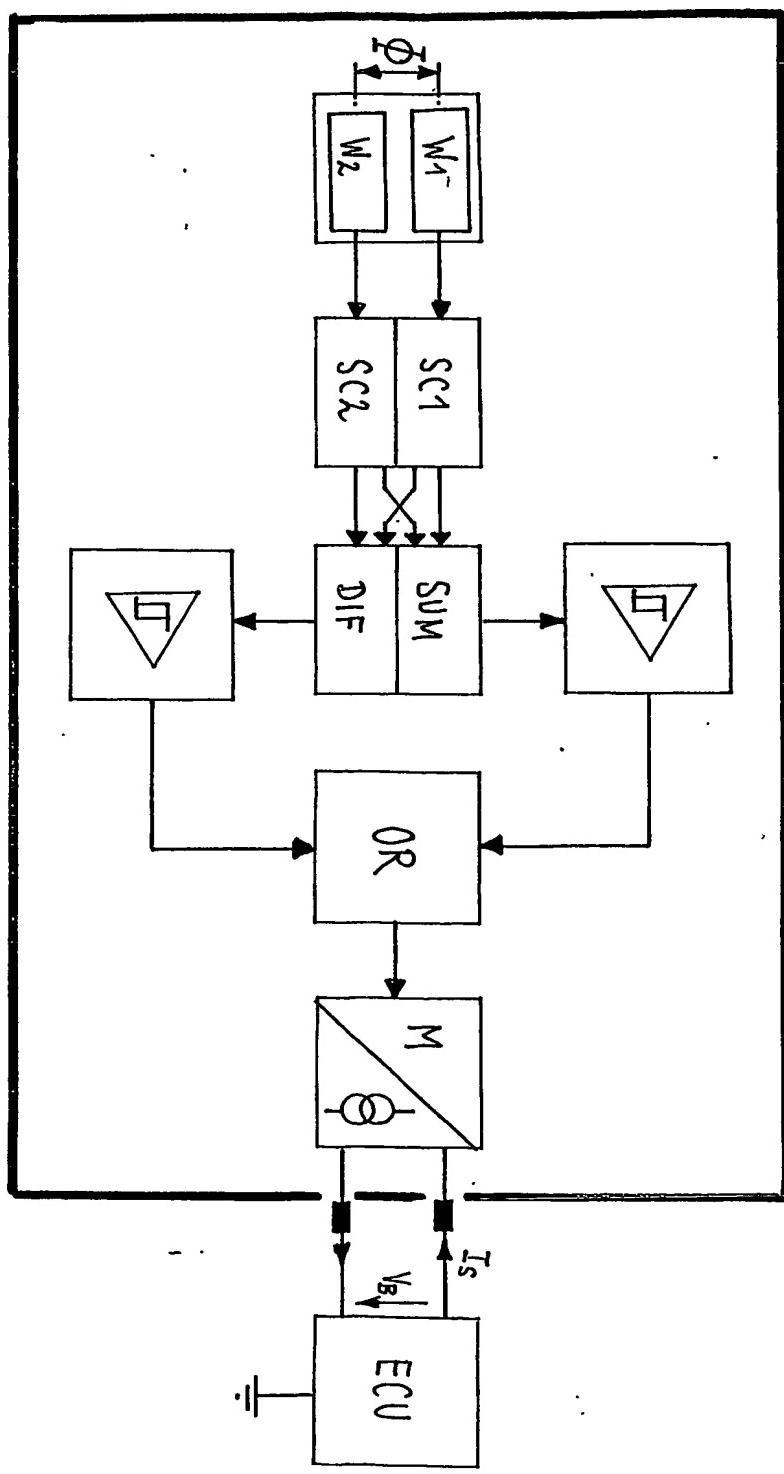
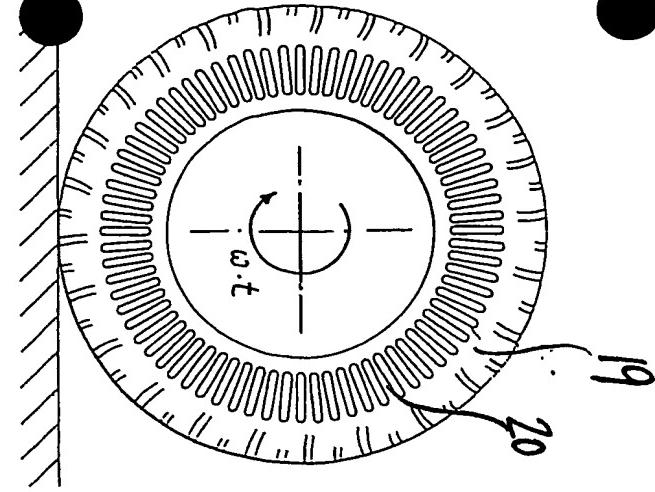
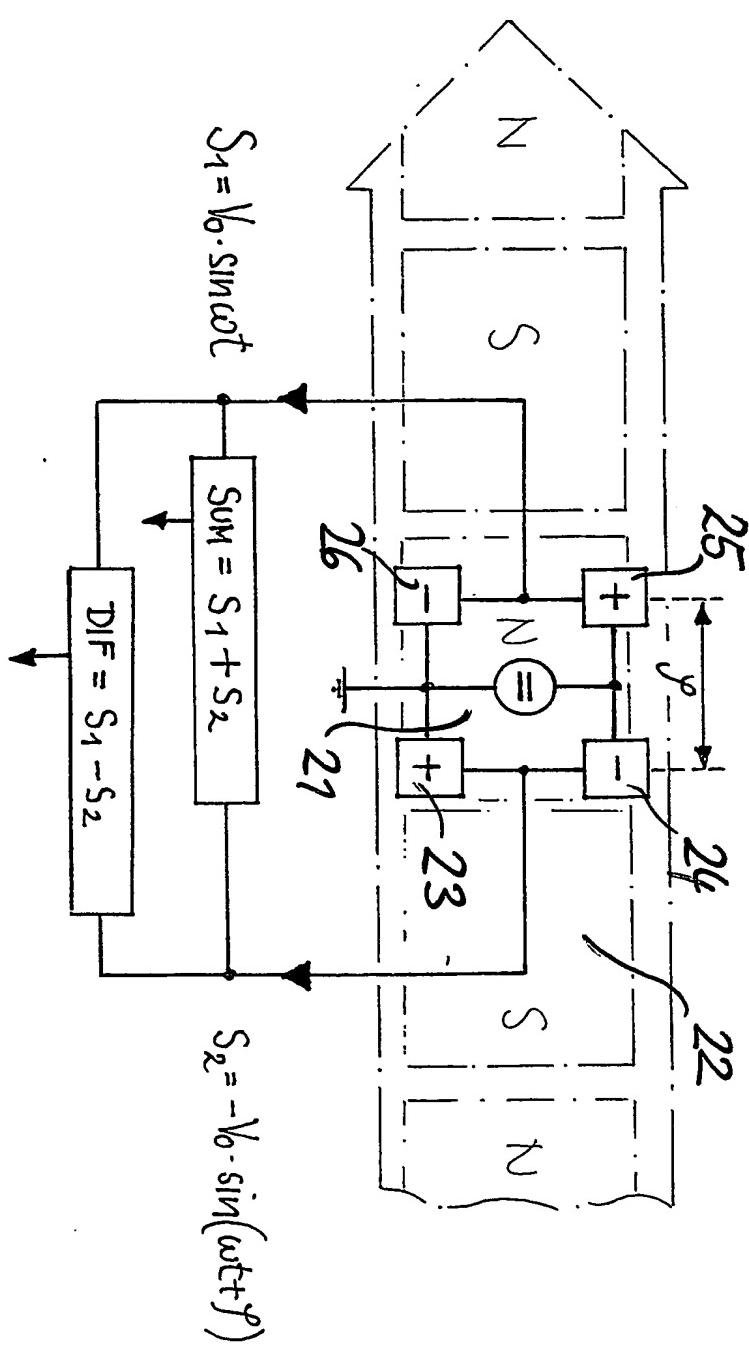


Fig. 2



a)



b)

$$\text{SUM} = S_1 + S_2 \sim (\min(\omega t) - \min(\omega t + \varphi))$$

$$\text{DIF} = S_1 - S_2 \sim (\min(\omega t) + \min(\omega t + \varphi))$$

$$\text{DIF} = 0 \rightarrow \omega t = -\frac{\varphi}{2}$$

$$\frac{d \text{SUM}}{d \omega t} \left( -\frac{\varphi}{2} \right) = 0 \rightarrow \text{EXTREMWERT}$$

$$\frac{d^2 \text{SUM}}{d(\omega t)^2} \left( -\frac{\varphi}{2} \right) \approx +2\omega \cdot \min \frac{\varphi}{2} \rightarrow \text{MINIMUM}$$

c)

$$\text{SUM} = S_1 + S_2 \sim (\min(\omega t) - \min(\omega t - \varphi))$$

$$\text{DIF} = S_1 - S_2 \sim (\min(\omega t) + \min(\omega t - \varphi))$$

$$\text{DIF} = 0 \rightarrow \omega t = +\frac{\varphi}{2}$$

$$\frac{d \text{SUM}}{d \omega t} \left( +\frac{\varphi}{2} \right) = 0 \rightarrow \text{EXTREMWERT}$$

$$\frac{d^2 \text{SUM}}{d(\omega t)^2} \left( +\frac{\varphi}{2} \right) \approx -2\omega \cdot \min \left( \frac{\varphi}{2} \right) \rightarrow \text{MAXIMUM}$$

5/10

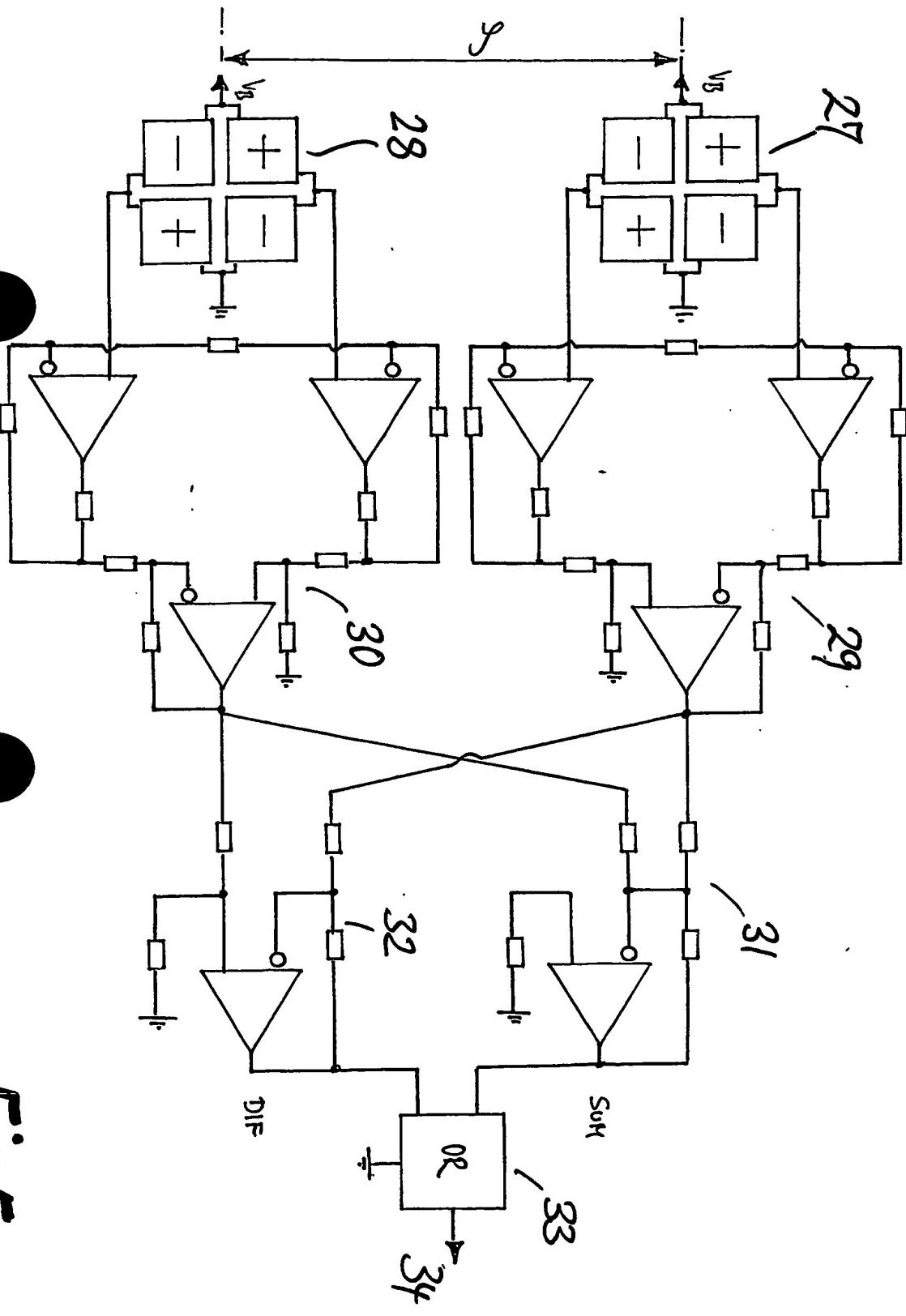
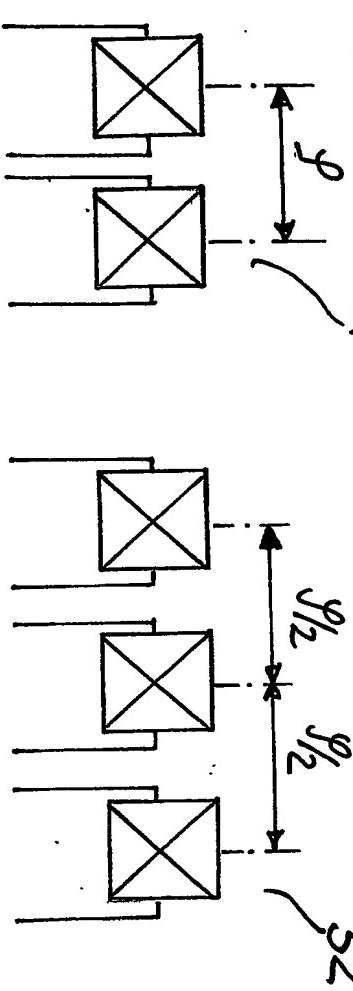


Fig. 5

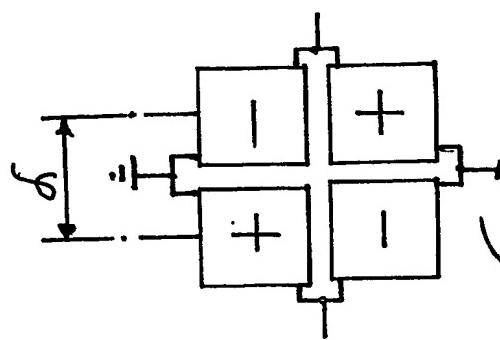
$\theta/\pi$



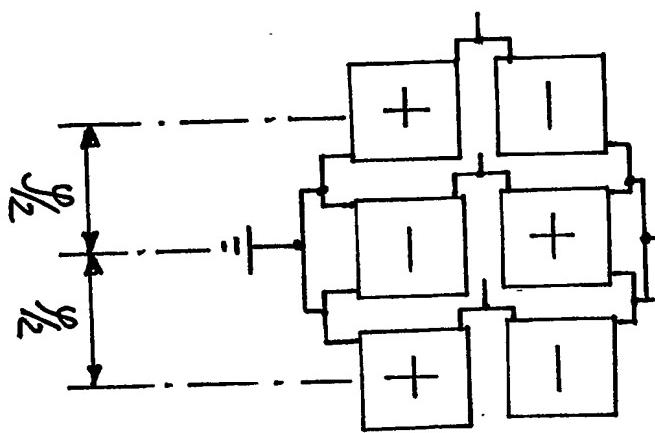
$\theta$



c)  $\sqrt{53}$



d)  $\sqrt{54}$



$\theta$

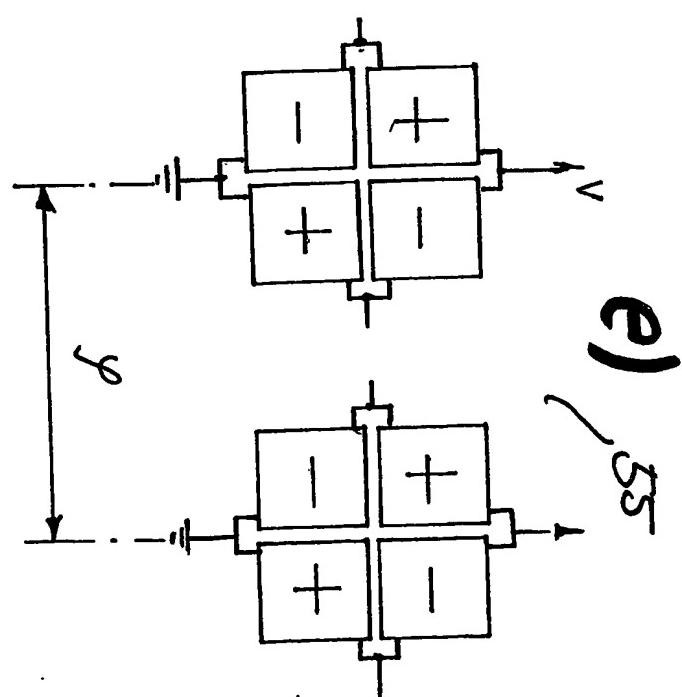
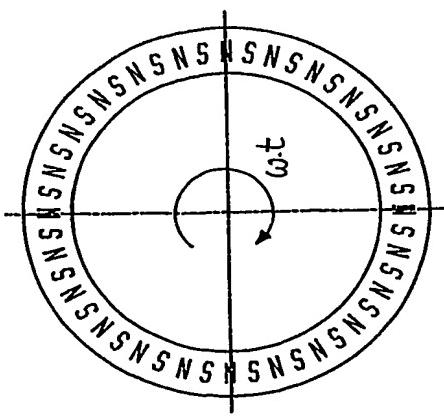
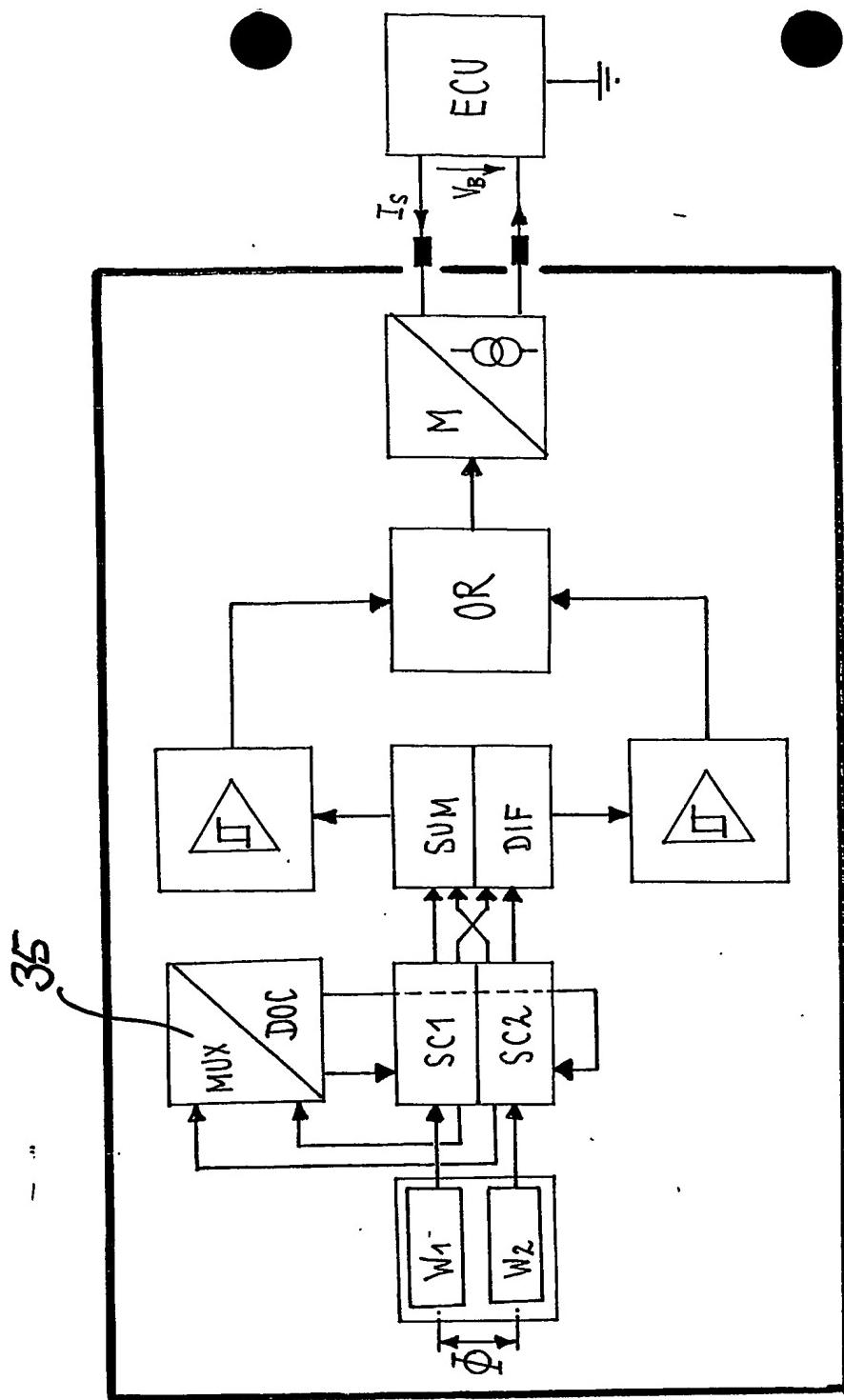


Fig. 6

Fig. 7



8110

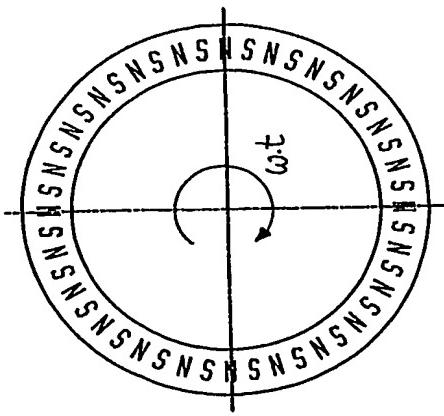
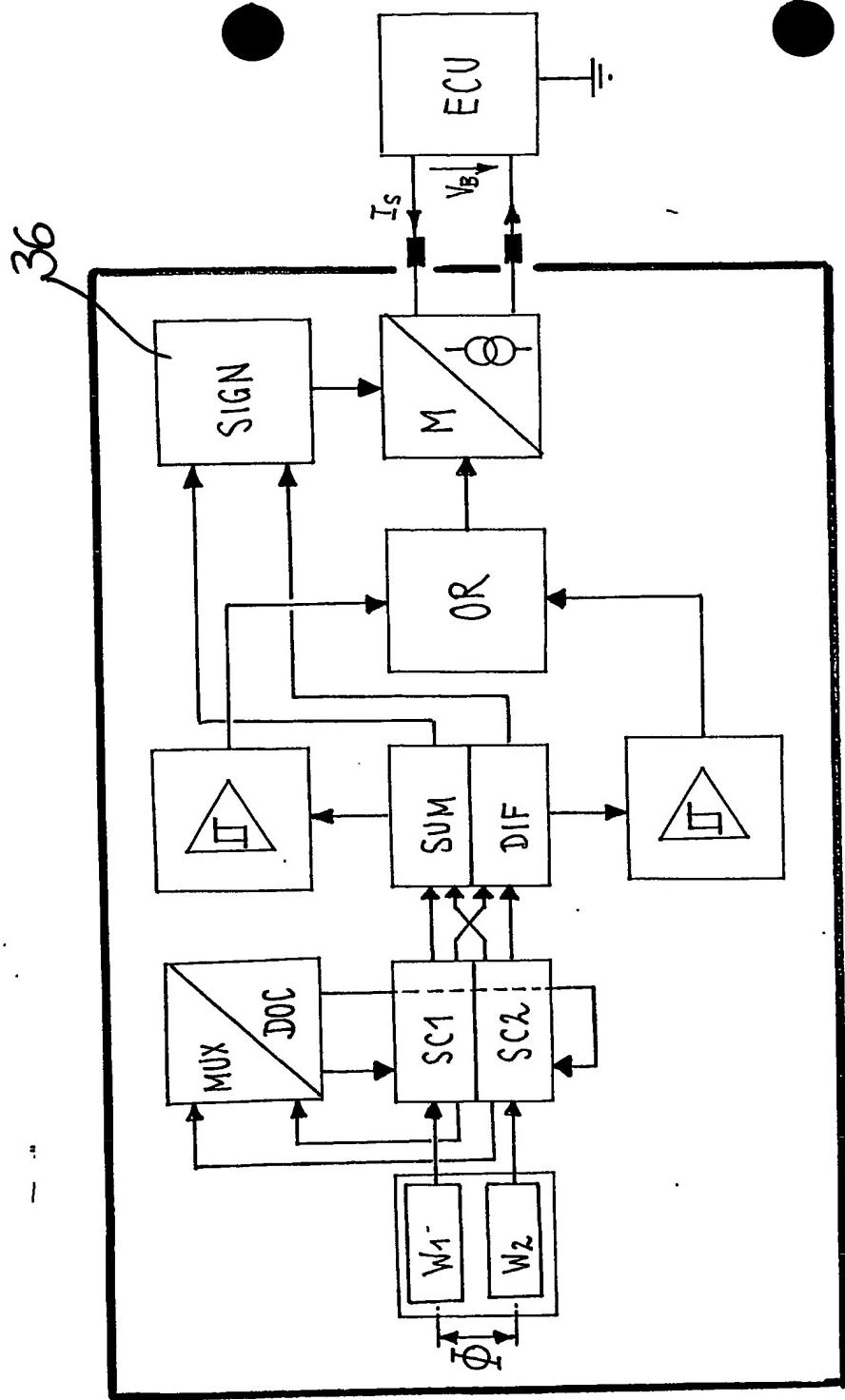
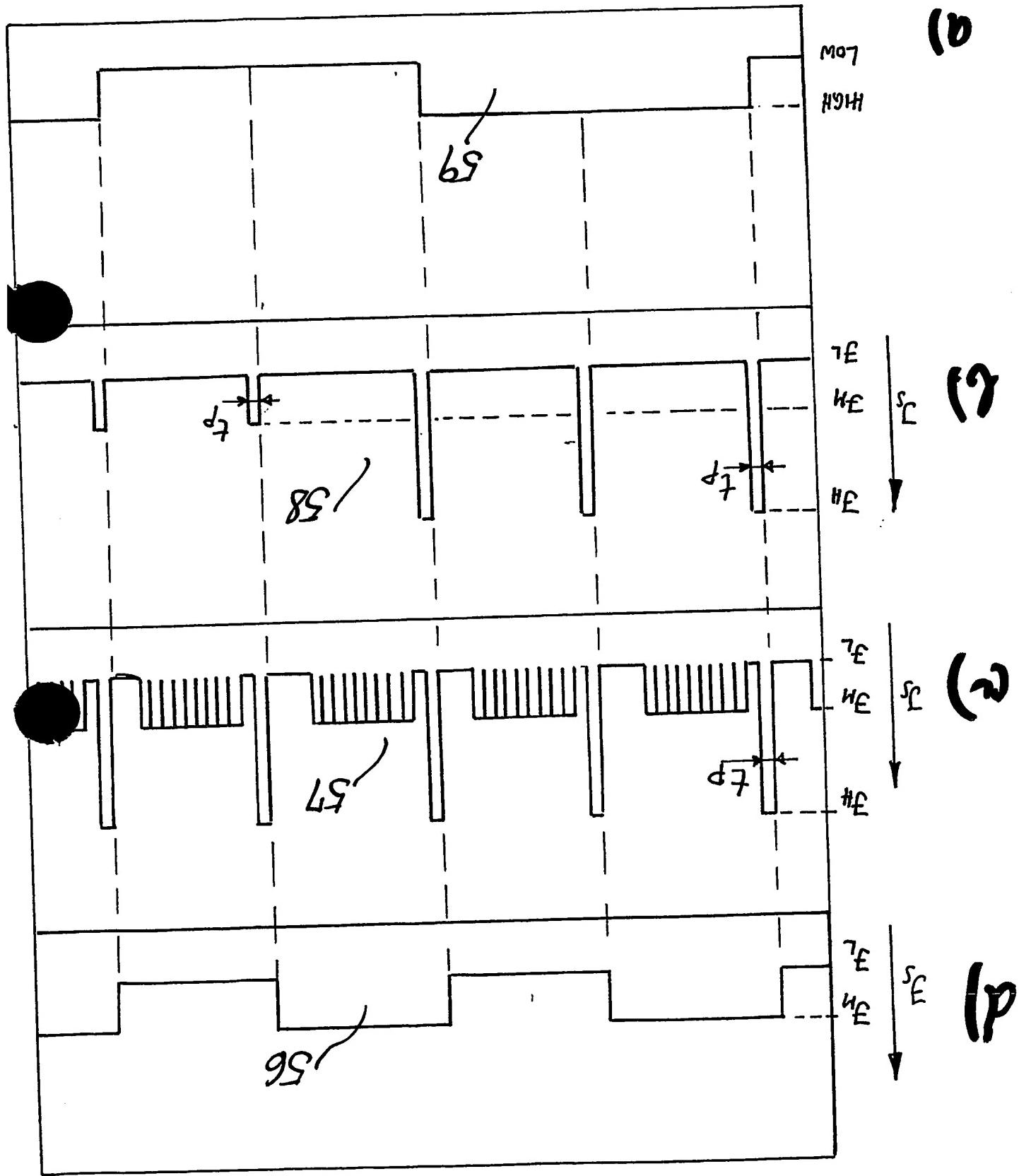


Fig. 8

Fig. 9

7



01/01

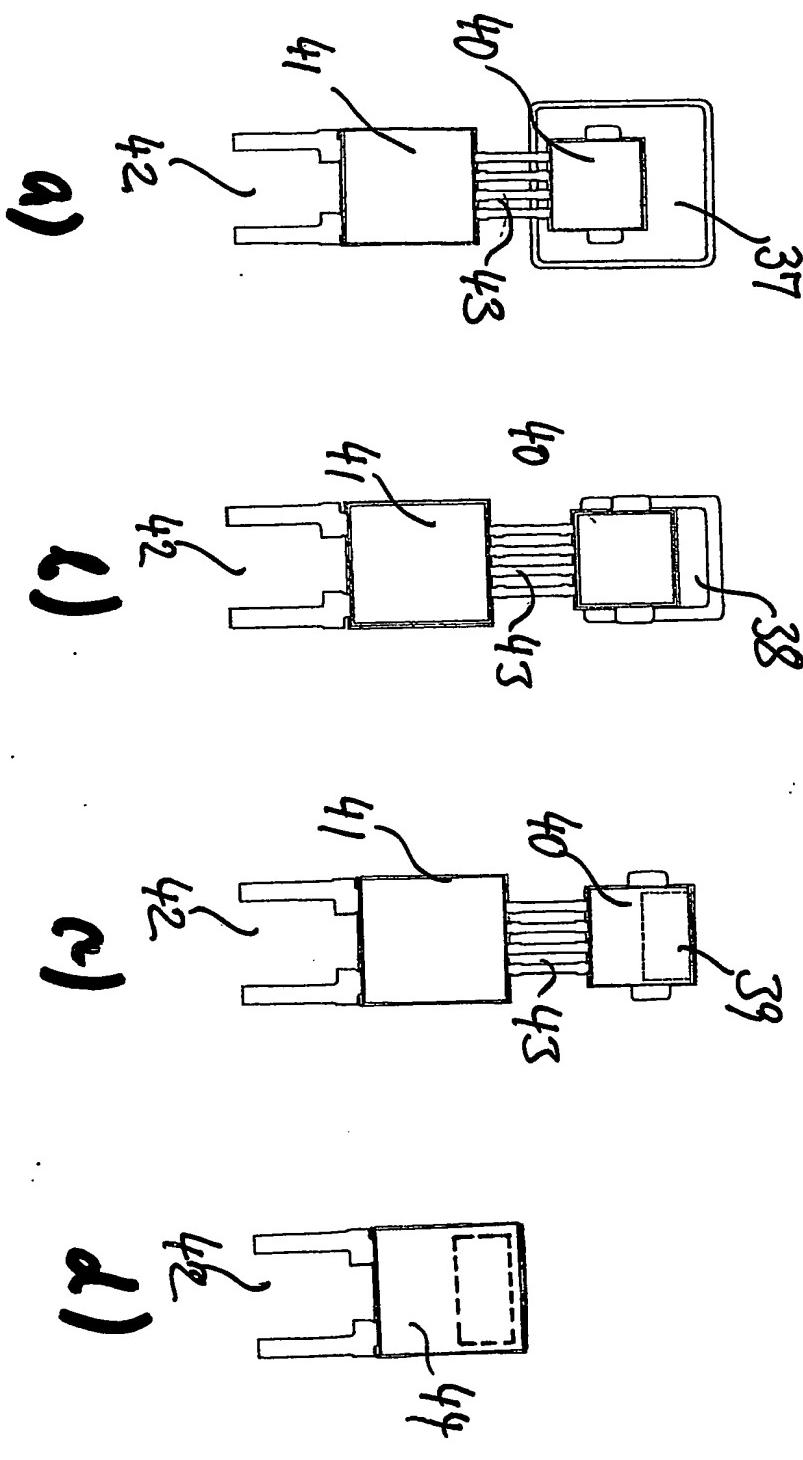


Fig. 10

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**